

SP00/01588

PCT/JP 00/01588	
REC'D 09 MAY 2000	
WIPO	PCT

5.03.00 #2

09/936683

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

EKU

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1999年 3月17日

出願番号

Application Number:

平成11年特許願第072133号

出願人

Applicant(s):

三菱電線工業株式会社

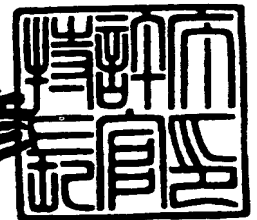
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 4月21日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特2000-3027873

【書類名】	特許願
【整理番号】	P6138
【提出日】	平成11年 3月17日
【あて先】	特許庁長官殿
【国際特許分類】	H01L 31/00
【発明者】	
【住所又は居所】	兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内
【氏名】	只友 一行
【発明者】	
【住所又は居所】	兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内
【氏名】	岡川 広明
【発明者】	
【住所又は居所】	兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内
【氏名】	大内 洋一郎
【発明者】	
【住所又は居所】	兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内
【氏名】	湖東 雅弘
【特許出願人】	
【識別番号】	000003263
【氏名又は名称】	三菱電線工業株式会社
【代表者】	富士 晴之助
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	066707
【納付金額】	21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】	明細書	1
【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体基材及びその作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、該基板上に気相成長された半導体結晶とからなる半導体基材であって、前記基板の結晶成長面には凸部が形成されており、前記半導体結晶は該凸部の上方部から専ら結晶成長されたものであることを特徴とする半導体基材。

【請求項 2】 基板の結晶成長面の凸部が、複数本の凸条からなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体基材。

【請求項 3】 凸条間に形成される溝を横断面方形状の溝とし、溝高さを h 、溝幅を t とするとき、 h/t で定められるアスペクト比を 1 以上としたことを特徴とする請求項 2 記載の半導体基材。

【請求項 4】 基板上に半導体結晶を気相成長させるにあたり、予め基板表面に、底部まで気相成長時の原料ガスが実質的に拡散できない形状の凹部により区画された凸部を設け、次いで該基板に対して原料ガスを供給することで、前記凸部の上方部から専ら半導体結晶成長を開始させることを特徴とする半導体基材の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】

本発明は、半導体基材およびその作製方法に関し、特に転位欠陥が生じ易い半導体材料を用いる場合に有用な構造及び方法に関するものである。

【0002】

【発明の背景】

例えば GaN 系半導体結晶等を、バッファ層及び GaN 層が設けられた基板上に気相成長するにあたり、前記基板上に部分的なマスク層を設けて選択成長することでラテラル方向の結晶成長を行わせ、転位欠陥を減少させた高品質な結晶を得る方法が提案されている（例えば特開平 10-312971）。

【0003】

しかしながら上記の方法によれば、マスク層上にラテラル方向成長された部分において、ラテラル成長方向に c 軸が微量ながら傾斜するといった問題が生じてしまい、これにより結晶品質が低下してしまうという新たな問題が有ることが判明した (MRS 1998 Fall Meeting 予稿集 G3. 1)。
これは、X線ロッキングカーブ測定 (XRC) の入射方位依存性を測定 (ϕ スキャン) することでも確認できる。即ち、ラテラル成長方向からの入射 X 線による X 線ロッキングカーブの半値全幅 (FWHM) は、マスク層のストライプ方向からの X 線による FWHM 値より大きくなっており、 c 軸の微小傾斜 (チルティンク) に方位依存性がある事を示している。この事は、マスク上のラテラル成長の合体部分に新たな欠陥を多数誘起する可能性を示唆している。

【0004】

また、マスク層材料として汎用されているものは SiO_2 なのであるが、その上に結晶成長層が積重されると Si 成分がこの結晶成長層中に移行するという、いわゆるオートドーピング汚染の問題があることも判明した。さらに、 Al を含有する半導体材料、例えば AlGaIn を SiO_2 マスク層付き基板上に成長させた場合、マスク層上にも結晶成長してしまい、選択成長自体が効果的に行えないという問題もあった。

【0005】

このような問題を解消する試みとして、 SiC のベース基板上にバッファ層及び GaIn 層を設けた基板に対して、 SiC 層にまで至るストライプ溝加工を施して凸部を形成し、この凸部の上方部に位置することになる GaIn 層から結晶成長させる方法が提案されている (MRS 1998 Fall Meeting 予稿集 G3. 38)。この方法によれば SiO_2 マスク層無しで選択成長させる事も出来、上述の SiO_2 マスクを用いることに起因する各種の問題を解消することが可能となる。

【0006】

上記の方法は、ベース基板としてサファイア基板を使用する事もできる。しかしながら上記の方法によると、サファイアベース基板上にバッファ層材料並びに GaIn 層材料を結晶成長させ、これを一旦成長炉から取り出して溝切り加工を施

し、再び成長炉中にこれを戻して結晶成長を行うというステップが必要となることから、製造プロセスが複雑化してしまうという新たな問題が惹起されることになる。

従って本発明はマスク層を用いることにより起因する種々の問題を回避するためにマスクレス化を図り、且つ製造プロセスの複雑化を伴うことのない半導体基材及びその作製方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体基材は、基板と、該基板上に気相成長された半導体結晶とからなる半導体基材であって、前記基板の結晶成長面には凸部が形成されており、前記半導体結晶は該凸部の上方部から専ら結晶成長されたものであることを特徴とするものである。

【0008】

上記構成において、凸部が、複数本の凸条にて構成することが好ましい実施態様である。この場合、凸条間に形成される溝を横断面形状の溝とし、溝高さを h 、溝幅を t とすると、 h/t で定められるアスペクト比を1以上とすることが好ましい。

【0009】

また本発明の半導体基材の作製方法は、基板上に半導体結晶を気相成長させるにあたり、予め基板表面に、底部まで気相成長時の原料ガスが実質的に拡散できない形状の凹部により区画された凸部を設け、次いで該基板に対して原料ガスを供給することで、前記凸部の上方部から専ら半導体結晶成長を開始させることを特徴とするものである。

【0010】

【作用】

本発明は、バッファ層等すら形成していない状態の基板に対して凸部を設けることで、結晶成長当初から実質的に選択成長可能な素地面を予め提供しておく点に特徴を有する。即ち、凸部以外の部分には気相成長させた場合原材料が拡散しにくいために、成長初期には基板表面全体で結晶成長が起こる可能性は有るもの

の、直ちに凸部の上方部における結晶成長が優位になって、C軸方向の成長とラテラル方向の成長が起り始めることになり、実質的に選択成長がマスク層レスで達成されることになる。そして該選択成長が、基板直上に位置する層(例えばバッファ層)の結晶成長から行い得ることになるので、その後の成長工程を連続して行うことができるものである。

【0011】

【発明の実施の態様】

以下図面に基いて、本発明の実施態様につき詳細に説明する。

図1(a)乃至(d)は本発明に係る半導体基材の結晶成長状態を説明するための断面図である。図において、1は基板であり、2は該基板1上に気相成長された半導体結晶をそれぞれ示している。基板1の結晶成長面には凸部11が形成されており、この凸部11は、その上方部から専ら結晶成長が行われるような形状とされている。

【0012】

本発明でいう基板とは、各種の半導体結晶層を成長させるためのベースとなる基板であって、格子整合のためのバッファ層等も未だ形成されていない状態のものである。このような基板としては、サファイア基板、SiC基板、スピネル基板などを用いることができる。

【0013】

基板1上に成長される半導体結晶としては種々の半導体材料を用いることができ、例えばGaN、AlGaN、InGaNなどが例示できる。

中でも、AlGaN等のAlを含有する半導体材料の場合、従来のマスク方式ではSiO₂マスク層上に成長してしまうという問題があったが、マスクレス化によりかかる問題が解消されるため、紫外線発光素子等の応用上特に好適な材料である。

【0014】

基板1の結晶成長面に形成される凸部11は、その上方部から専ら結晶成長が行われるような形状とされる必要がある。「上方部から専ら結晶成長が行われる」とは、凸部11の根元部分及びその近傍では結晶成長が生じない、若しくは僅

かながらは結晶成長は起こるが実質的には結晶成長とは呼べないレベルであるが、他方凸部 11 の頂点乃至頂面及びその近傍では実際的な結晶成長が行い得る状態をいい、本発明にあっては、このような凸部 11 であれば特に制限はなく各種の形状を採用することができる。

【0015】

具体的には、凸部 11 を、気相成長時に原料ガスが実質的に底部まで拡散できない形状の凹部により区画して作製することで、上述した如き凸部 11 とすることができる。このような凸部 11 であれば、原料ガスが凸部 11 の根元部及びその近傍に十分至らず、而して凸部の上方部からしか結晶成長が起こらないからである。上記の凹部により区画された凸部の態様としては、島状の点在型の凸部、ストライプ型の凸条からなる凸部、格子状の凸部、これらを形成する線が曲線である凸部などが例示できる。

【0016】

これらの凸部の態様の中でも、凸条を複数本設ける態様のものは、その作製工程を簡略化できると共に、規則的なパターンが作製容易である点で好ましい。この場合、凸条の形成は、例えば通常のフォトリソグラフィ技術を使ってマスク材料を意図する凸条に応じてパターン化し、RIE 技術等を使ってエッチング加工を行うことで作製できる（該エッチングに用いたマスク材は後で除去する）。

【0017】

さらに、凸条の上方部から専ら結晶成長が行わせ実質的にラテラル方向成長モードを実現するために、凸条間に形成される溝を横断面方形状の溝とし、溝高さを h 、溝幅を t とするとき、 h/t で定められるアスペクト比を 1 以上、好ましくは 2~25 とすることが好ましい。アスペクト比が 1 以下であると原料ガスが溝の底部まで拡散可能となるため好ましくなく、またアスペクト比が大きすぎると加工が困難となり機械的強度も低下することから 25 程度以下とすることが望ましい。

【0018】

上記したような凸部 11 付き基板 1 (図 1(a)) 上に、気相成長法により半導体結晶 2 を成長させる。通常、成長に際しては格子整合を取るために先ずバッファ

層材料が所定厚さに成長され、次いで所望の半導体材料が成長される。図1(b)は成長の途中の状態を、図1(c)はその一つの凸部11の部分を拡大したものをそれぞれ示している。上記の材料の原料ガスが供給されると凸部11の上方部においてのみ結晶成長が生じ結果、凸部上方部表面にバッファ層3が成長され、次いでバッファ層3の上に半導体結晶となる半導体結晶単位20が成長される。

【0019】

そして、さらに成長を続けることで、C軸方向の成長並びにラテラル方向の成長が進行し、ついには図1(d)に示すように半導体結晶単位20が互いに結合して平坦な半導体結晶2の層が形成されることになる。なお、このような成長プロセスを経る結果、基板1と半導体結晶2との界面には空洞部が生成されることになる。この成長方法を採用すれば、基板1に存在している転位欠陥の多くは、凸部11間に存在する溝の底部にてその延伸がストップされることとなるため、半導体結晶2は転位欠陥の少ない高品質の結晶とすることができる。

【0020】

【実施例】

【実施例1】

c面サファイア基板の上にフォトリソのパターニング(幅: $2\mu\text{m}$ 、周期: $4\mu\text{m}$ 、ストライプ方位: $\langle 11-20 \rangle$)を行い、RIE (Reactive Ion Etching) 装置で $10\mu\text{m}$ の深さまで断面方形型にエッチングした。この時のアスペクト比は5であった。フォトリソを除去後、横型のMOVPE装置に基板を装着し、通常の成長条件でGaNを $7\mu\text{m}$ 成長した。

【0021】

比較のために、通常のc面サファイア基板の上に同じ成長条件で成膜したGaN層と、同じパターンの SiO_2 マスクを使ってELO成長したGaN膜を用意した。

評価は、InGaN (InN混晶比=0.2、 100nm 厚)を続けて成長して現れるピット(転位に対応している)をカウントして転位密度とした。キャリア密度はホール効果測定で評価し、結晶軸のゆらぎはXRCの ϕ スキャンで評価した。評価結果を表1に示す。

【0022】

【表1】

サンプル	転位密度	キャリア密度	XRC の FWHM
実施例サンプル	$1 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$	$1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$	170 sec
従来 ELO サンプル	$4 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$	$5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$	200-400 sec
通常 GaN	$2 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$	$1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$	220 sec

【0023】

図2はXRCの ϕ スキャンデータを示しており、本発明にかかるGaN膜は転位密度が少なく、またSiO₂マスクを使ったELO成長によるGaN膜のようにラテラル成長方向付近で強まる結晶軸のゆらぎも無い、高品質な結晶であることが確認された。

【0024】

【実施例2】

c面サファイア基板にフォトリソのパターニング（幅：1 μ m、周期：2 μ m、ストライプ方位：〈11-20〉）を行い、RIE装置で5 μ mの深さまでエッチングした。この時のアスペクト比は5であった。フォトリソを除去後、横型のMOVPE装置に基板を装着し、通常の成長条件でGaNを5 μ m成長した。

連続して青色LED構造を形成し、電極形成、素子分離を行い、LED素子を作製した。ウエハ全体で採取されたLEDチップの出力の平均値と逆電流特性を評価した。比較対象は、従来のELO技術を使って作製したLEDチップと通常のサファイア基板を使って作製したLEDチップである。これらの評価結果を表2に示す。

【0025】

【表 2】

サンプル	出力 (20mA)	-10V 印加時の リーク電流値
実施例サンプル	1.7 mW	10 nA
従来 ELO サンプル	1.5 mW	50 nA
通常 GaN	1.3 mW	1 μ A

【0026】

【発明の効果】

以上説明した通りの本発明の半導体基材及びその作製方法によれば、基板に対して凸部を設けておくことで、マスク層を使用することなく実質的に選択成長を行わせることができる。従ってマスク層を形成することに起因する問題点である、c 軸の微小チルティングによるラテラル成長部の合体部分の新たな欠陥の発生の問題やオートドーピングの問題、Al 含有半導体材料が選択成長不可という問題を解消できる。

【0027】

さらに基板自体に予め凸部を設けるので、その後を選択成長のための特段の加工を必要とせず、バッファ層成長から発光部等の半導体結晶層の成長を連続して行えるので、製造プロセスの簡略化が図れるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明のに係る半導体基材の結晶成長状態を説明するための断面図である。

【図 2】

XRC の ϕ スキャンデータを示すグラフ図である。

【符号の説明】

- 1 基板
- 1 1 凸部
- 2 半導体結晶
- 2 0 半導体結晶単位

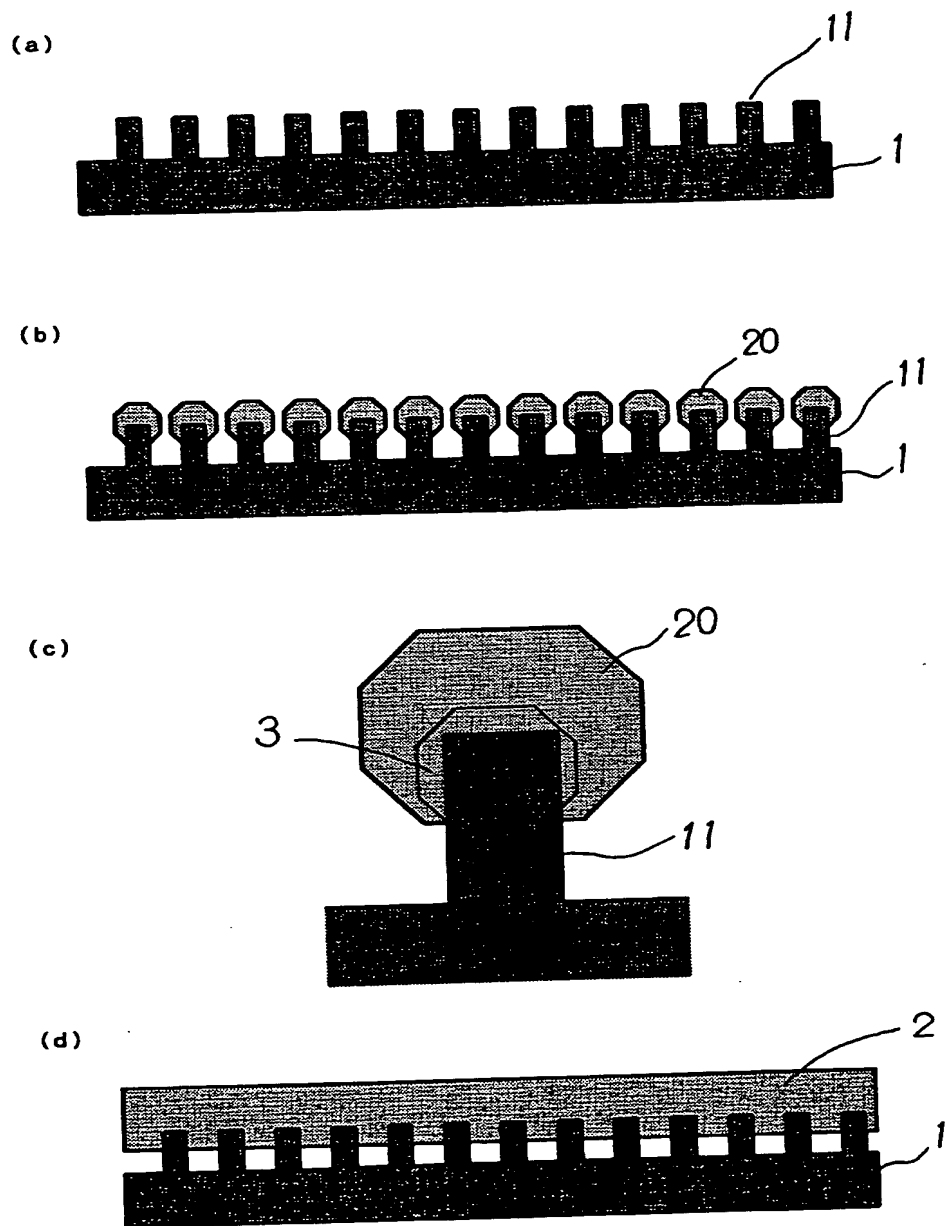
特平11-072133

3 バッファ層

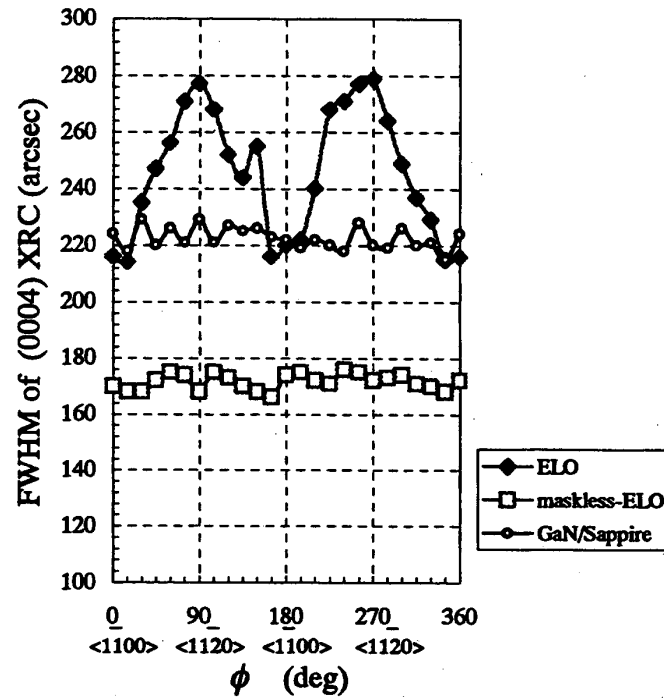
【書類名】

図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 選択成長において、マスク層を用いることにより起因する種々の問題を回避するためにマスクレス化を図り、且つ製造プロセスの複雑化を伴うことのない半導体基材及びその作製方法を提供すること。

【解決手段】 基板 1 上に半導体結晶 2 を気相成長させるにあたり、予め基板 1 の表面に、底部まで気相成長時の原料ガスが実質的に拡散できない形状の溝により区画された凸部 1 1 をストライプ状に設ける。この凸部 1 1 付き基板 1 に対して原料ガスを供給すると、原料ガスは溝底部まで届かないので、凸部 1 1 の上方部から専ら半導体結晶成長が行われ、結果として選択成長と同様の成長が起こる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003263]

1. 変更年月日 1990年 8月14日

[変更理由] 新規登録

住 所 兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

氏 名 三菱電線工業株式会社